

تاثیر واحدهای کاری TMU و Geopedology در دقت نقشه پسرفت خاک

• داود نیک کامی

استاد، پژوهشگرده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

• شهرام امیدواری

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

• عبدالرحمن برزگر

دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

• محمدحسن مسیح آبادی

استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات اهواز

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۹۱

Email: nikkami@scwmri.ac.ir

چکیده

سالانه سطوح قابل ملاحظه‌ای از اراضی با ارزش در سطح جهان در اثر ضعف مدیریت از حیز ارتفاع ساقط شده و دچار پسرفت می‌شود. پسرفت خاک، شامل هرگونه کاهش قدرت محصول دهی خاک یا از هدررفت مواد غذایی مورد نیاز گیاه به‌وسیله فرسایش می‌باشد. این پژوهش، با هدف بررسی پسرفت کیفیت خاک و تهیه نقشه آن، در حوزه آبخیز هنام استان لرستان اجرا شد. با استفاده از دو روش TMU و Geopedology، محدوده مطالعاتی به واحدهای همگن از نظر پسرفت خاک تقسیم و هر یک از این واحدها به‌عنوان واحدهای کاری در نظر گرفته شد. برای هر یک از خصوصیات خاک در واحدهای TMU و Geopedology، نمودار کنترل کیفیت ترسیم، شاخص پسرفت خاک محاسبه و به‌کمک مدل GLASOD در هر واحد نقشه، نوع، دلیل، درجه، وسعت و شدت پسرفت مشخص و نقشه پسرفت خاک تهیه شد. به‌منظور مقایسه دو نقشه پسرفت خاک در واحدهای کاری TMU و Geopedology با نقاط شاهد، مقایسه آماری با استفاده از دو آزمون ویلکاکسن و مقایسه‌های زوجی انجام شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد، در نقشه واحدهای کاری TMU، ۴۶ نوع واحد وجود دارد که در ۶۱ مکان قرار گرفته‌اند. این تعداد در نقشه واحدهای کاری Geopedology، ۴۵ نوع است که در ۹۴ مکان مشاهده می‌شود. صحت نقشه‌های پسرفت تهیه شده به‌روش TMU و Geopedology به ترتیب ۶۶/۳ و ۶۸/۹ درصد و از نظر دقت، ضریب تغییرات صحت واحدهای کاری در نقشه حاصل از روش TMU، ۲۵/۵۸ و در نقشه Geopedology، ۳۰/۲۶ درصد می‌باشد. نتایج در هر دو آزمون نشان داد، بین درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه TMU از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. هم‌چنین، نتایج نشان داد در هر دو آزمون، بین نقاط شاهد و نقشه Geopedology از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد. این امر با نتایج به‌دست آمده در بررسی دقت در هر دو نقشه پسرفت هم‌خوانی داشت.

کلمات کلیدی: زیرحوزه هنام، فرسایش خاک، کنترل کیفیت، واحد کاری، GLASOD

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 112 pp: 34-40

The effect of TMU and Geopedology working units in soil degradation mapping

By: D. Nikkami, Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran (Corresponding Author). Sh. Omidvari, Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran. A. Barzegar, Associate Professor, Pedology Department, Shahid Chamran University, Ahvaz. M.H. Masihabadi, Assistant Professor, Pedology Department, Azad Islamic University, Ahvaz Sciences and Researches Unit.

Some noticeable areas of valuable land resources are degraded every year, due to improper management of land use activities. Soil degradation includes reduction of soil productivity or its nutrients loss by soil erosion. This research was executed in Honam sub-basin, located in Lorestan Province to study the soil quality degradation and mapping. The study area was segmented to unique soil degraded polygons, as working units, using TMU and Geopedology methods. Soil was sampled in each working unit and their organic carbon, total nitrogen, available phosphorus and potassium, bulk density and micronutrients such as Iron, Zinc, Manganese and copper were measured. Quality control charts were drawn for all measured soil specifications in each working unit. Soil degradation indices and their types, causes, degrees, extents and severities were determined by GLASOD model and consequently, soil degradation map were provided. For statistical comparison, soil degradation maps resulted from TMU and Geopedology work units were compared with ground control points using Vilksaksen and paired comparison tests. Results demonstrated that there are 46 types of working units at 61 locations in TMU working units map. These numbers are 45 types at 94 locations in Geopedology working units map. The accuracy of soil degradation maps provided from TMU and Geopedology methods were 66.3 and 68.9 percent, respectively. From precision view of point, coefficient of variation in work units of TMU and Geopedology methods were 25.58 and 30.26 percent, respectively. Results showed that there are no significant difference between fertility degradation degree of ground control points and TMU working units in both tests. Also, results showed that there are significant difference between fertility degradation degree of ground control points and Geopedology working units in both tests.

Keywords: GLASOD, Honam sub-basin, Quality control, Soil erosion, Working unit.

مقدمه

بسیاری از فرآیندهای خاک مانند تخریب یا پسرفت با مفاهیم اساسی انرژی در سیستم‌های خاک توجیه می‌شوند و تخریب خاک همیشه یک مسئله نسبی بوده و در مقایسه با یک سطح مبنا و یا در مقایسه با یک خاک مبنا سنجیده می‌شود. بنابراین، با این تعریف تمامی خاک‌ها یا تخریب یافته‌اند، یا در حال تخریب هستند و یا در آینده در خطر پسرفت می‌باشند (Barrow, ۱۹۹۱). تخریب خاک از نظر تخریب کمی و کیفی قابل اهمیت است. تخریب کمی همان کاهش ضخامت خاک و از بین رفتن مواد می‌باشد. تخریب کیفی شور شدن، کاهش تدریجی حاصلخیزی و مدفون شدن خاک به وسیله ماسه‌های روان می‌باشد (Morgan, ۲۰۰۵).

تاکنون فرسایش خاک در کشور به‌طور عمده از نظر وزن رسوبات خروجی و تلفات خاک و یا اشکال آن ارزیابی شده است. در حالی که خسارات تخریب و پسرفت خاک به خارج شدن خاک از دسترس گیاه و پر شدن مخازن آب و یا تغییر سیمای زمین محدود نمی‌شود و هدر رفت عناصر غذایی یکی از بارزترین اثرات زیانبار ناشی از وقوع پسرفت خاک است. طبق گزارش FAO (۱۹۹۱)، پژوهش‌پژوهش‌های محققین مختلف در سراسر دنیا نشان داده پسرفت خاک منجر

به کاهش کیفیت حاصلخیزی خاک و توان تولید خاک شده است. بنابراین، طبق برنامه UNEP (۱۹۸۲) همه کشورهای جهان ملزم به ارزیابی خاک و ارائه نقشه پسرفت خاک شده‌اند. ACS (۲۰۰۹) در تقسیم‌بندی انواع تخریب خاک در استرالیا به از دست دادن باروری، فرسایش، شوری، فشردگی، اسیدی شدن و افزایش فلزات سنگین در خاک اشاره می‌کند. Infonet-Biovision (۲۰۱۰) تخریب خاک را در از دسترس خارج شدن عناصر غذایی خاک و مواد آلی خاک و فرسایش آن می‌داند. روش ارزیابی پسرفت خاک اولین بار به وسیله FAO ارائه شد که در آن پسرفت خاک، به‌عنوان فرآیندی که در آن قابلیت استفاده از خاک در حال حاضر و یا بالقوه به‌منظور تولید کالا و یا خدمات از نظر کمی و کیفی نقصان پیدا می‌کند، تعریف شده است (Lal, ۱۹۹۷). فرآیندهایی که منجر به پسرفت خاک می‌شود، در شش گروه فرسایش آبی، افزایش نمک‌ها، فرسایش بادی، پسرفت شیمیایی، پسرفت فیزیکی و پسرفت بیولوژیکی جای داده شده است. ارزیابی براساس پسرفت خاک براساس مقیاس نقشه، نوع اطلاعات و آمار، در نهایت نقشه قابل اعتمادی تولید می‌کند. مدیریت‌های مختلف بر ماده آلی، عمق خاک، ساختمان و ظرفیت

در این پژوهش‌پژوهش، با فرض این‌که در زیر حوزه هنام، تخریب اراضی و پسرفت خاک وجود داشته و این پسرفت باعث کاهش کیفیت حاصلخیزی خاک شده، ابتدا با استفاده از دو روش Geopedology (Zinck, ۱۹۸۸) و (Meijerink, TMU, ۱۹۸۸) واحدهای همگن از نظر پسرفت خاک با توجه به عوامل موثر در تخریب جدا شده و نقشه‌های مجزا به‌عنوان واحدهای کاری شناخته شد. بعد از حفر پروفیل، نمونه‌برداری، تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، محاسبه شاخص پسرفت خاک و رسم نمودارهای کنترل کیفیت خاک برای هر پارامتر، تأثیر پسرفت بر کاهش کیفیت حاصلخیزی خاک در هر واحد کاری بررسی شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و تهیه نقشه پسرفت کیفیت خاک، ابتدا با استفاده از دو روش TMU و Geopedology محدوده مطالعاتی به واحدهای همگن از نظر پسرفت خاک جدا و به‌عنوان واحدهای کاری شناخته شد. این واحدها سپس در عملیات صحرایی و در شرایط واقعی، بررسی و کنترل شد. واحدهای کاری جدا شده نیز در عملیات صحرایی و در شرایط واقعی، بررسی و کنترل شد. این پژوهش در حوزه آبخیز هنام با مساحت ۱۴۲ کیلومتر مربع، واقع در جنوب شهر الشتر (مرکز شهرستان سلسله) در استان لرستان در محدوده جغرافیایی ۱۲° ۴۸' تا ۲۸° ۴۸' طول شرقی و ۴۵° ۳۳' تا ۵۱° ۳۳' عرض شمالی صورت گرفت. این حوزه یکی از مناطق مهم از نظر تولید در بخش کشاورزی و دامپروری و یکی از حوزه‌های حساس آبخیز رودخانه کرخه می‌باشد. این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. در عملیات صحرایی، از خاک نمونه‌برداری شد و در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و خصوصیات کیفیت خاک شامل کربن آلی، ازت کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب، وزن مخصوص ظاهری و عناصر میکرو آهن، روی، منگنز و مس مورد بررسی قرار گرفت. در عملیات صحرایی با توجه به تعداد و انواع واحدهای کاری، تعدادی نمونه مرکب سطحی و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت شد.

برای رسم نمودارهای کنترل کیفیت خاک از نمودار کنترل کیفیت Ryan (۱۹۸۹) استفاده شد. به‌منظور رسم نمودار کنترل کیفیت، هر خصوصیت کیفیت خاک در هر طبقه در یک نمودار بررسی شد. به‌طوری‌که نمودارهای واحدهای کاری Geopedology در چهار طبقه Mo, Hi, Pi و Va و نمودارهای واحدهای کاری TMU نیز در چهار طبقه MS, S, FD و SD بررسی شد. با توجه به نمونه‌های برداشت شده در واحدهای کاری و نتایج به‌دست آمده از تجزیه‌های آزمایشگاهی برای هر خصوصیت کیفیت خاک و برای هر طبقه، بهترین یا بالاترین مقدار به‌دست آمده از تجزیه‌های آزمایشگاهی و حد کفایت آن خصوصیت در منطقه مورد مطالعه، به‌عنوان حد کنترلی بالا و پایین‌ترین مقدار را که کم‌تر از آن وضعیت کیفیت خاک نامناسب خواهد بود و حد بحرانی آن خصوصیت در منطقه مورد مطالعه، به‌عنوان حد کنترلی پایین در نظر گرفته شد. به این منظور، در نقشه واحدهای کاری Geopedology، ۱۰۷ نمونه خاک، در

نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک اثر می‌گذارند. به‌عبارت دیگر، خاک‌ها بسته به خواص و مشخصه‌های ذاتی و محیط اطراف، عکس‌العمل‌های متفاوتی به مدیریت نشان می‌دهند (Karlen و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین، برای رسیدن به یک توسعه پایدار و برنامه‌ریزی اصولی برای آینده راهی جز نگرش همه‌جانبه به تک‌تک عوامل موثر در مسیر قهقراپی خاک و به تعبیر دیگر پسرفت خاک وجود ندارد. برای حفظ خاک از پسرفت خاک و موثر بودن ابزار کاهش آن، شناخت توزیع مکانی اراضی حساس و ارزیابی شدت خطر، الزامی است. نقشه پسرفت خاک از نقشه‌های پایه، علمی و کاربردی در بخش‌های مختلف اجرایی و پژوهشی می‌باشد. شناسایی حوضه‌های حساس به فرسایش و پسرفت خاک و تهیه نقشه‌های پسرفت و بررسی تأثیر پسرفت بر کیفیت حاصلخیزی خاک به‌منظور برنامه‌ریزی اصولی در حوضه‌ها ضرورت این امر را بیش از پیش نشان می‌دهد.

پسرفت خاک نه‌تنها عمق خاک سطحی را کاهش داده، بلکه با انتقال خاک فرسایش یافته موجب کاهش مخازن سدها و کاهش ظرفیت نگهداری آب در خاک و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی می‌شود که از اثرات پسرفت در خارج از محل اصلی می‌باشند. همچنین، پسرفت خاک با کاهش کربن آلی و عناصر غذایی در خاک و به‌عبارت دیگر کاهش کیفیت خاک، باعث ایجاد اثرات ناگوار در محل اصلی پسرفت می‌شود (Roose, ۲۰۰۳). پسرفت فیزیکی خاک شامل اثر پسرفت در خصوصیات هیدرولیکی خاک نیز می‌شود (شاهویی، Williams, ۱۳۷۷) و همکاران (۱۹۸۳) و Larson و همکاران (۱۹۸۵) در پژوهش‌ها جداگانه خود برای بررسی اثر پسرفت خاک بر خصوصیات هیدرولیکی به این نتیجه رسیدند که پسرفت خاک شرایط هیدرولیکی خاک را تخریب کرده و خصوصیت حداکثر ذخیره و نگهداری را کاهش می‌دهد. کاهش ماده آلی و در نتیجه ساختمان نامناسب خاک در اثر پسرفت، شرایط هیدرولوژیک را از خوب به بد تبدیل می‌کند و یا حتی می‌تواند از یک گروه هیدرولوژیک خاک بالا به یک گروه هیدرولوژیک پایین کاهش دهد.

پسرفت شیمیایی خاک باعث کاهش مواد معدنی و حاصلخیزی خاک نیز می‌شود. Hofmann و Klik (۲۰۰۵) در ارزیابی اثرات پسرفت خاک بر روی کیفیت خاک به این نتیجه رسیدند که از هدررفت ازت و فسفر قابل جذب خاک ارتباط زیاد و معنی‌داری با تلفات خاک دارد. به‌صورتی‌که ازت ۵۹ درصد و فسفر قابل جذب ۷۳ درصد کاهش را نسبت به خاک بدون پسرفت نشان دادند. بررسی تأثیر پسرفت خاک بر خصوصیات بیولوژیکی خاک به‌ویژه تنوع زیستی در خاک نشان داد که با افزایش پسرفت و کاهش کیفیت خاک تعداد موجودات زنده و همچنین تنوع زیستی شدیداً تحت تأثیر پسرفت، کاهش می‌یابد (Kimble و Eswaran, ۲۰۰۷). در تحقیقی Omidvari و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی واحدهای کاری Photomorphich در دقت تهیه نقشه پسرفت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ در حوزه آبخیز هنام استان لرستان به این نتیجه رسیدند که نقشه حاصل دارای دقت ۷۳٫۹ درصد در مقایسه با نقاط کنترل زمینی هستند.

به‌عنوان ND و با استفاده از رابطه (۱) معرفی شده توسط Barrow (۱۹۹۱) به‌دست آمد.

$$SDI = \{(D/ND) * 100\} - 100 \quad (1)$$

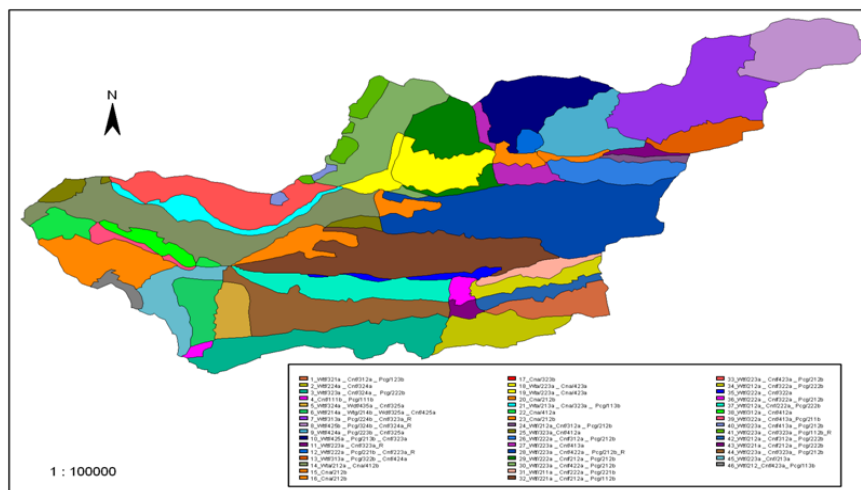
که در آن: SDI شاخص پسرفت خاک، D و ND مقدار خصوصیت در مناطق پسرفت یافته و بدون پسرفت می‌باشد.

نتایج و بحث

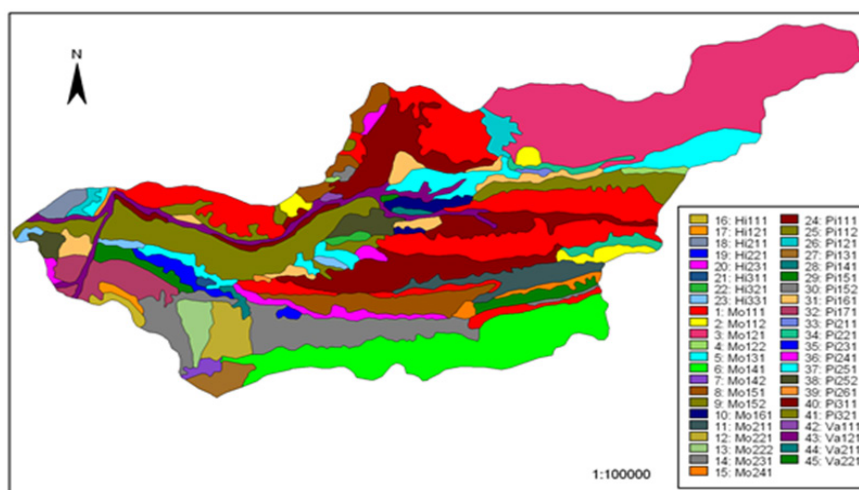
واحدهای کاری: در نقشه واحدهای کاری TMU تعداد واحدهای کاری ۴۶ واحد بود که در ۶۱ محل قرار گرفتند (شکل ۱). این تعداد در نقشه واحدهای کاری حاصل از روش Geopedology ۴۵ نوع بود که در ۹۴ محل ملاحظه شد (شکل ۲).

نقشه واحدهای کاری TMU، ۷۳ نمونه خاک، در تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، ۷۴ نمونه خاک و نهایتاً ۶۹ نمونه خاک نیز به‌عنوان نقاط کنترل زمینی برداشت شد. در مجموع، ۳۲۳ نمونه خاک از محدوده مطالعاتی برداشت و با محاسبه شاخص‌های پسرفت خاک و رسم نمودارهای کنترل کیفیت، پسرفت کیفیت خاک در محدوده مطالعاتی بررسی شد. برای تهیه نقشه پسرفت خاک در واحدهای کاری حاصل از روش‌های یادشده شده، از مدل GLASOD استفاده شد. در نهایت، مقایسه آماری نتایج حاصل با استفاده از نقاط شاهد و دو آزمون ویلکاکسن و مقایسه‌های زوجی صورت گرفت.

برای محاسبه شاخص پسرفت خاک برای هر خصوصیت کیفیت حاصلخیزی خاک و در هر واحد کاری، با توجه به مقدار به‌دست آمده از تجزیه آزمایشگاهی برای آن خصوصیت به‌عنوان D و مقدار حد کنترلی بالای آن خصوصیت در نمودار کنترل کیفیت در هر طبقه،



شکل ۱- نقشه واحدهای کاری حاصل از روش TMU

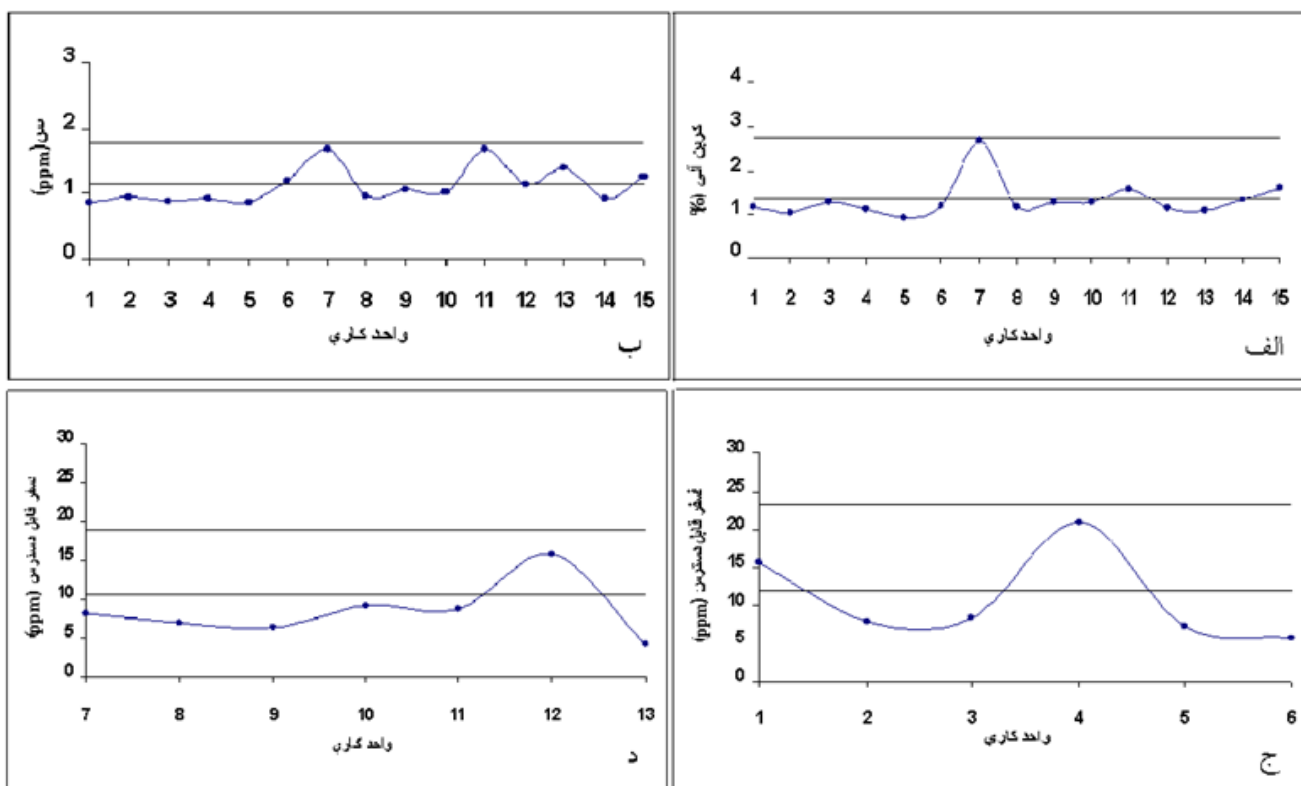


شکل ۲- نقشه واحدهای کاری حاصل از روش Geopedology

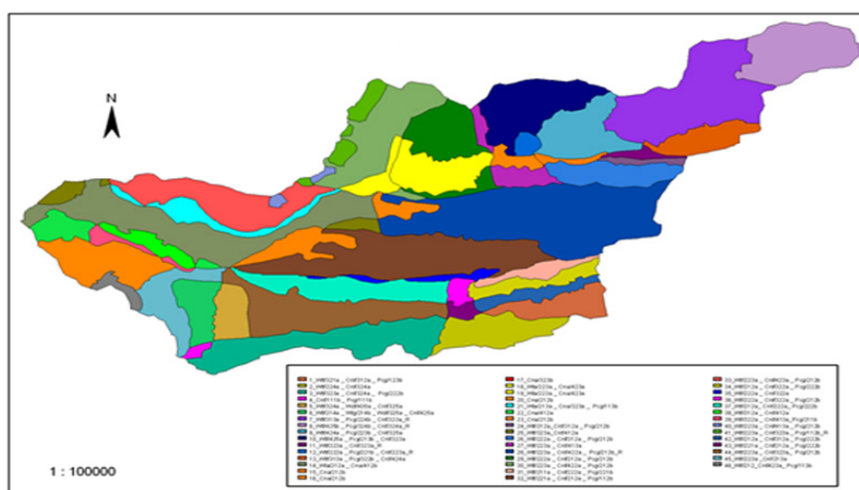
نمودارهای کنترل کیفیت خاک:

این نمودارها به تعداد ۷۲ مورد (۲ واحد کاری ۴×۴ واحد تیمپ اراضی ۹×۹ کیفیت خاک) و به تفکیک خصوصیت و نوع زمین نما (اولین سطح طبقه بندی) در واحدهای Geopedology و TMU

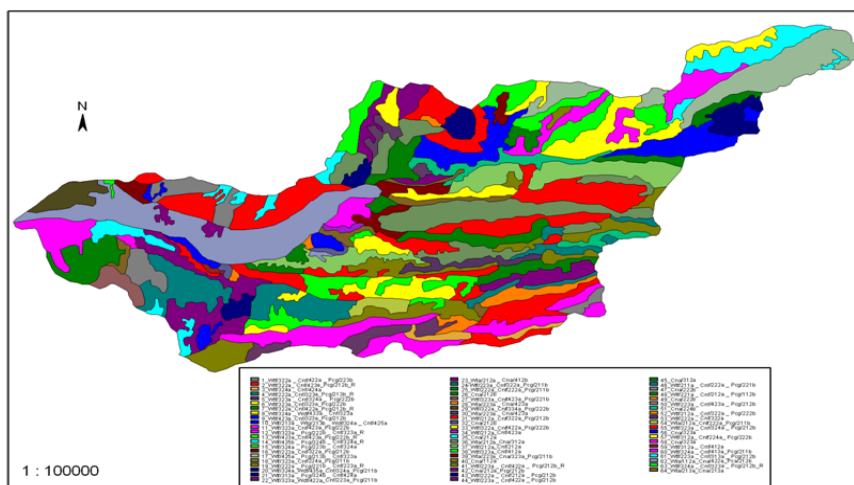
و نمونه‌ای از آن‌ها در شکل (۳) ارائه شده است. شکل‌های (۴) و (۵) به ترتیب نقشه‌های پسرقت خاک در واحدهای کاری حاصل از روش‌های Geopedology و TMU را نشان می‌دهند.



شکل ۳- نمودارهای کنترل کیفیت کربن آلی در واحدهای زمین‌نمای کوه در روش Geopedology (الف)، مس در واحدهای زمین‌نمای کوه در روش Geopedology (ب)، نیتروژن کل واحدهای با منشأ جریان‌ات و اریزه‌ای در روش TMU (ج) و فسفر قابل دسترس واحدهای ساختمانی در روش TMU (د)



شکل ۴- نقشه پسرقت خاک در واحدهای کاری TMU



شکل ۵- نقشه پسرفت خاک در واحدهای کاری Geopedology

آزمون ویلکاکسن: مقایسه آماری آزمون ویلکاکسن بین درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه‌های پسرفت Geopedology و TMU نشان داد که مقدار Z آزمون در روش Geopedology، ۲/۷۳ و بالاتر از Z جدول در سطح پنج درصد (۱/۹۶) می‌باشد. بنابراین، فرض صفر مبنی بر متفاوت نبودن درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه Geopedology در سطح پنج درصد رد شده و اختلاف معنی‌دار وجود دارد. هم‌چنین، مقدار Z آزمون در روش TMU، ۱/۳۸ و کمتر از Z جدول در سطح پنج درصد (۱/۹۶) می‌باشد. بنابراین فرض صفر مبنی بر متفاوت نبودن درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه TMU در سطح پنج درصد پذیرفته شده و اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که به‌منظور تعیین واحد کاری در مطالعات پسرفت خاک، استفاده از روش TMU در مقایسه با روش Geopedology نتایج قابل قبول‌تری خواهد داشت و پسرفت خاک، تاثیر بیشتری بر ویژگی‌های حاصلخیزی خاک و هدر رفت عناصر غذایی نسبت به خصوصیات فیزیکی خاک دارد. در تحلیل نتایج می‌توان عنوان کرد که روش TMU دقت بالاتری نسبت به روش ژئوپدولوژی در تعیین واحدهای کاری در مطالعات پسرفت خاک دارد. روش ژئوپدولوژی صحت بالاتری نسبت به روش TMU دارد و بیشترین شاخص پسرفت خاک در حوضه با مقادیر ۷۷/۶۶-، ۷۷/۵۴-، ۷۲/۹۶- و ۷۰/۳۷- به ترتیب مربوط به خصوصیت فسفر قابل جذب، روی، کربن آلی و نیتروژن کل است. قدر مطلق شاخص پسرفت وزن مخصوص ظاهری از سایر خصوصیات خاک کمتر می‌باشد. به‌طور کلی در بخش‌هایی از حوضه که نشانه‌هایی از دخالت انسان مشاهده می‌شود، پسرفت خاک نیز شدیدتر است و بخش‌هایی از حوضه که بسیار مقاوم یا بسیار حساس به فرسایش می‌باشند، در برآورد پسرفت خاک صحت بالایی دارند. واحدهای کاری ۷ و ۴ به ترتیب در نقشه ژئوپدولوژی و TMU به دلیل وجود پوشش گیاهی غنی و عدم دخالت انسان، کمترین شاخص پسرفت خاک را دارند. نوع کاربری تاثیر بسیار زیادی بر شدت پسرفت خاک

صحت و دقت نقشه‌های پسرفت حاصل از روش TMU: مقایسه
نقشه پسرفت خاک در واحدهای TMU و واقعیت زمینی نشان داد که واحدهای کاری ۳، ۴، ۱۱، ۱۷، ۲۴، ۳۶، ۴۰، ۴۳ و ۴۶ صحت بیشتر از ۹۰ درصد دارند که ۷/۱۴ درصد از مساحت کل حوضه را شامل می‌شوند. واحدهای ۱۷ و ۴۰، صحت ۱۰۰ درصد دارند. واحدهای ۷، ۹، ۱۹، ۲۶ و ۳۷ به ترتیب با ۴۶/۳، ۴۹/۲، ۴۲/۶، ۴۷/۵ و ۴۸/۴ درصد، کمتر از ۵۰ درصد صحت را نشان می‌دهد.

صحت و دقت نقشه‌های پسرفت حاصل از روش Geopedology: مقایسه
نقشه پسرفت خاک در واحدهای Geopedology و واقعیت زمینی نشان می‌دهد که واحدهای شماره ۴، ۷، ۹، ۱۷، ۲۱، ۲۸، ۳۰، ۳۵، ۴۴ و ۴۵ صحت ۱۰۰ درصد دارند. واحدهای شماره ۳۴، ۱۱ و ۲۶ کمترین صحت را در واحدهای کاری دارند که به ترتیب ۴۶/۵، ۴۷/۴ و ۴۹/۲ درصد می‌باشد. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد، واحدهای کاری با کاربری کشاورزی از صحت بالایی برخوردار بوده، ولی واحدهایی که کاربری مرتعی دارند، از صحت پایین‌تری برخوردار می‌باشند. هم‌چنین واحدهای با مساحت کمتر، صحت بالاتری نسبت به واحدهای وسیع‌تر دارند.

آزمون مقایسه‌های زوجی: مقایسه آماری آزمون مقایسه‌های زوجی
بین درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه‌های پسرفت Geopedology و TMU نشان می‌دهد که مقدار t آزمون در روش Geopedology، ۳/۷۷ و بالاتر از t جدول در سطح پنج درصد (۱/۶۷) می‌باشد. بنابراین، فرض صفر مبنی بر متفاوت نبودن درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه Geopedology در سطح پنج درصد رد شده و اختلاف معنی‌دار وجود دارد. هم‌چنین، مقدار t آزمون در روش TMU، ۱/۵۵ و کمتر از t جدول در سطح پنج درصد (۱/۶۷) می‌باشد. بنابراین، فرض صفر مبنی بر متفاوت نبودن درجه پسرفت حاصلخیزی نقاط شاهد و نقشه TMU در سطح پنج درصد پذیرفته شده و اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

